

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

CE

(11)Publication number : 11-001387

(43)Date of publication of application : 06.01.1999

(51)Int.Cl.

C30B 7/10

C30B 29/32

G01L 1/16

H01L 41/09

H01L 41/24

(21)Application number : 09-155109 (71)Applicant : FUKUDA TOSHIO

ARAI FUMITO

TOKAI RIKA CO LTD

(22)Date of filing : 12.06.1997 (72)Inventor : FUKUDA TOSHIO

ARAI FUMITO

ITOIGAWA KOICHI

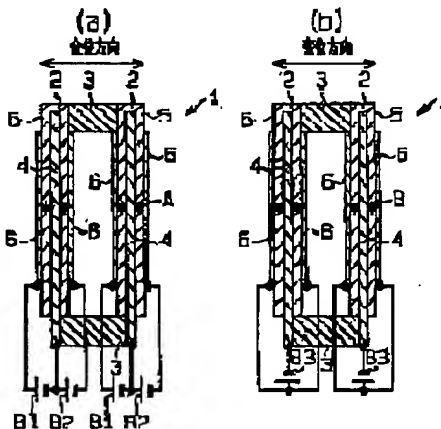
IWATA HITOSHI

(54) PZT THIN FILM BIMORPH STRUCTURE, PARALLEL FLAT PLATE STRUCTURE OF PZT THIN FILM BIMORPH SHAPE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a PZT thin film bimorph structure capable of readily providing a great number of bimorph structures and being miniaturized.

SOLUTION: This parallel flat plate structure 1 is constituted by mutually opposing a pair of piezoelectric elements 2 made of a bimorph structure and laying prismatic insulating spacers 3 between both ends of the upper and lower parts and sticking the spacers to the ends. The piezoelectric elements 2 made of the bimorph structure are provided with PZT thin films 5 having tens μm thickness on both the surface and back sides of flat plate-like bases 4 made of titanium by a hydrothermal method. Electrode films 6 having several thickness made of aluminium are formed on the PZT thin films 5 μm at both the surface and back sides of the bases. The thickness of the bases 4 is supposed to be 20 μm .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(9) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-1387

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int. Cl.⁶ 識別記号
C30R 7/10
29/32
G01L 1/16
H01L 41/09
41/24

FI
C30R 7/10
29/32
G01L 1/16
H01L 41/09
41/22
M
A
審査請求 未請求 請求項の番号 UL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-155109

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月12日

(71) 出願人 501240157
福田 敏男
愛知県名古屋市東区矢田町2丁目66番地
(71) 出願人 595112823
新井 史人
愛知県名古屋市千種区青柳町8-6-1
(71) 出願人 00003551
株式会社東海理化電機製作所
愛知県丹羽郡大口町荻田三丁目280番地
(72) 発明者 福田 敏男
名古屋市東区矢田町2丁目66番地 名人矢
田町宿舍122号
(74) 代理人 弁理士 原田 博立

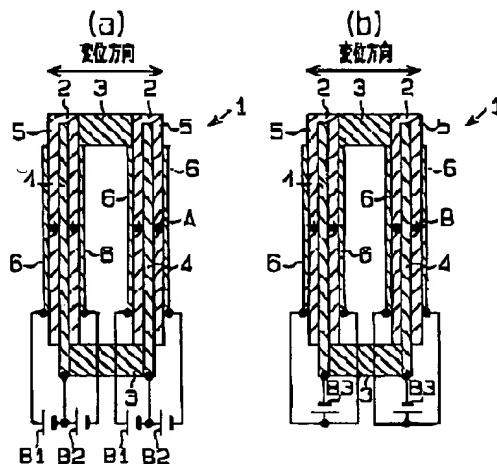
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 PZT薄膜バイモルフ構造体、PZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体、及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】容易に多数のバイモルフ構造を得ることができ、小型化が可能なPZT薄膜バイモルフ構造体を提供する。

【解決手段】平行平板構造体1は、一対のバイモルフ構造体からなる圧電素子2を互いに相対させ、その上下両端に対して角柱状の絶縁スペーサ3をそれぞれ挟んで互いに固着した構成とされている。バイモルフ構造体からなる圧電素子2は、チタンからなる平板状の基材4の表裏両面に對して厚さ数十 μm のPZT薄膜5が水熱法により形成され、その表面面のPZT薄膜5上にはアルミニウムからなる厚さ数 μm の電極膜6が形成されている。基材4の厚みは20 μm とされている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とに、PZT薄膜が形成され、前記PZT薄膜上に電極がそれぞれ設けられたPZT薄膜バイモルフ構造体。

【請求項2】 チタン基材の第1の側面と、同第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とにPZT薄膜が形成され、前記PZT薄膜上に電極がそれぞれ設けられた一対のPZT薄膜バイモルフ構造体が互いにスペースを介して、平行に連結されていることを特徴とするPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体。

【請求項3】 水熱法により、チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とにPZT薄膜を形成する工程と、前記PZT薄膜上に対して、それぞれ電極を形成する工程とを含むPZT薄膜バイモルフ構造体の製造方法。

【請求項4】 水熱法により、チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とにPZT薄膜を形成する工程と、前記PZT薄膜上に対して、それぞれ複数の電極を形成する工程と、互いに隣接した電極間を切断して複数のPZT薄膜バイモルフ構造体を得る工程とを含むことを特徴とするPZT薄膜バイモルフ構造体の製造方法。

【請求項5】 前記水熱法は、硝酸鉛溶液、オキシ塩化シリコンウを酸化剤とともに攪拌し、加圧及び加熱して、チタン基材の第1及び第2の側面上に種了結晶を得る工程と、前記種了結晶を得た基材に対して、硝酸鉛溶液、オキシ塩化シリコンウム、四塩化チタンの溶液を酸化剤とともに攪拌し、加熱及び加圧して、チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面のそれぞれに対してPZTの結晶成長を行い、チタン基材の第1及び第2の側面上にPZT薄膜を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項3又は請求項4に記載のPZT薄膜バイモルフ構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はPZT薄膜バイモルフ構造体、PZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体、及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から圧電素子としてバルクのPZT（シリコン・チタン酸鉛：チタン酸鉛、シリコン酸鉛の固溶体）からなるセラミックス素子を板状の基材の表裏両面にそれぞれ設け、前記PZT素子の表面に電極を設けたバイモルフ（Bimorph）構造体が知られている。このバイモルフ構造体は、両PZT素子に対して電圧を印加すると、一方のPZT素子が引き伸ばされ、他方のPZT素子が圧縮されて、構造体の全体が変形しア

2

クチュアータとして利用される。又、逆に一方のPZT素子を引き伸ばし、他方のPZT素子を圧縮した場合には、1つのPZT素子（圧電素子）の場合よりも2倍の電圧を発生するセンサとして利用される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記のようなバイモルフ構造体は、バルクのPZT素子を使用しているため、バルクそのものの成形化が難しく、バイモルフ構造体全体の小型化が難しい問題があった。さらに、バルクのPZTを使用するバイモルフ構造体を得ようとした場合、バルクを基材の表裏面にそれぞれ貼着する必要があるため、貼着工程が多くなる問題があった。

【0004】又、バイモルフ構造体を作成する場合、1枚のバイモルフ構造体であると従来のバイモルフ構造体は板状に形成されているため、変位時に変位方向以外の力が加わると振じれた状態で変位しやすく、正確な変位ができない問題もあった。さらに、従来のバイモルフ構造体は、バルクのPZT素子を基材の表裏面に貼着して製造する必要があるため、1度に多くのバイモルフ構造体を得ることができない問題もあった。

【0005】本発明は上記の課題を解消するためになされたものであり、第1の目的は、容易に多数のバイモルフ構造体を得ることができ、かつ小型のバイモルフ構造体にするのできるPZT薄膜バイモルフ構造体を提供することにある。

【0006】第2の目的は、振じれに強いPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体を提供することにある。第3の目的は、一度に多数のバイモルフ構造体を得ることができ製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とに、PZT薄膜が形成され、前記PZT薄膜上に電極がそれぞれ設けられたPZT薄膜バイモルフ構造体をその要旨としている。

【0008】請求項2の発明は、チタン基材の第1の側面と、同第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とにPZT薄膜が形成され、前記PZT薄膜上に電極がそれぞれ設けられた一対のPZT薄膜バイモルフ構造体が互いにスペースを介して、平行に連結されていることを特徴とするPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体とその要旨としている。

【0009】請求項3の発明は、水熱法により、チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面とにPZT薄膜を形成する工程と、前記PZT薄膜上に対して、それぞれ電極を形成する工程とを含むPZT薄膜バイモルフ構造体の製造方法とその要旨としている。

【0010】請求項4の発明は、水熱法により、チタン

50

基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面にPZT薄膜を形成する工程と、前記PZT薄膜上に対して、それぞれ複数の電極を形成する工程と、互いに隣接した電極間を切断して複数のPZT薄膜バイモルフ構造体を得る工程とを含むことを特徴とするPZT薄膜バイモルフ構造体の製造方法をその要旨としている。

【0011】請求項5の発明は、請求項3又は請求項4において、前記水熱法は、硝酸鉛溶液、オキシ塩化ジルコニウムを酸化剤とともに攪拌し、加圧及び加熱して、チタン基材の第1及び第2の側面上に種子結晶を得る工程と、前記種子結晶を基材に対して、硝酸鉛溶液、オキシ塩化ジルコニウム、四塩化チタンの溶液を酸化剤とともに攪拌し、加熱及び加圧して、チタン基材の第1の側面と、第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面のそれぞれに対してPZTの結晶成長を行い、チタン基材の第1及び第2の側面上にPZT薄膜を形成する工程とを含むことをその要旨としている。

【作用】請求項1に記載の発明によると、チタン基材の第1及び第2の側面に形成されたPZT薄膜は、薄いため、PZT薄膜バイモルフ構造体は、小型化がされる。

【0012】請求項2に記載の発明は、平行平板構造とされて剛性が付与されるため、変位に対して強くなる。請求項3の発明によると、水熱法により、チタン基材の第1及び第2の側面にPZT薄膜が形成され、その後、前記PZT薄膜に対して、それぞれ電極が形成されることにより、PZT薄膜バイモルフ構造体となる。ここで、水熱法とは、加熱・加圧下の水溶液から結晶を析出、成長させる方法をいう。又、加圧とは、積極的に圧力を加える場合の他、圧力容器内において、加熱により蒸気圧の圧力上昇を含む趣旨である。なお、水熱法は、一般的には水熱合成法ともいうが、この明細書では、水熱法という。

【0013】請求項4に記載の発明によると、水熱法により、チタン基材の第1及び第2の側面にPZT薄膜が形成され、その後、前記PZT薄膜に対して、それぞれ複数の電極が形成される。そして、互いに隣接した電極間が切断されると、複数のPZT薄膜バイモルフ構造体を得られる。

【0014】請求項5に記載の発明によると、硝酸鉛溶液、オキシ塩化ジルコニウムを酸化剤とともに攪拌し、加圧及び加熱して、チタン基材の第1及び第2の側面上に種子結晶を得る。その後、前記種子結晶を得た基材に対して、硝酸鉛溶液、オキシ塩化ジルコニウム、四塩化チタンの溶液を酸化剤とともに攪拌し、加熱及び加圧して、チタン基材の第1及び第2の側面のそれぞれに対してPZTの結晶成長を行うと、チタン基材の第1及び第2の側面にPZT薄膜を得る。

【0015】

【実施の形態】以下、本発明の実施形態を図1乃至図1

1を参照して説明する。図1(a)、(b)はPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体の断面図を示している。又、図2はPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体の斜視図を示している。なお、上記図面を含む各図面の図示されている各部材の厚みは、説明の便宜上、実際のものより適宜拡大して図示されている。

【0016】図1(a)、(b)に示すように平行平板構造体1は、一対のバイモルフ構造体からなる半板状の圧電素子2を互いに相対させ、その上下両端に対して角柱状の絶縁スペーサ3をそれぞれ挟んで互いに固着した構成とされている。なお、絶縁スペーサ3としたのは、圧電素子2間の短絡防止のためである。

【0017】バイモルフ構造体からなる圧電素子2は、厚みが均等に形成された平板状をなすチタンからなる基材(チタン基材)4の両側面に対して厚さ数十 μm のPZT薄膜5が形成され、その表裏両面のPZT薄膜5上にはアルミニウムからなる厚さ数 μm の電極膜6が形成されている。基材4の厚みは20 μm とされている。前記基材4の両側面は本発明における第1の側面、及び第1の側面とは180度反対側に位置する第2の側面に相当する。又、電極膜6は本発明の電極に相当する。

【0018】図1(a)、(b)には、上記のように構成されたPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体1をアクチュエータとして使用する場合の電気回路を示している。図1(a)は、PZT薄膜5の分極が方向Aの場合であり、直流電源B1、B2をそれぞれ直列に接続して、直流電源B1のプラス端子を、図1において各圧電素子2の左側の側面の電極膜6に接続し、直流電源B2のマイナス端子を右側の側面の電極膜6に接続し、直流電源B1、B2の中間接続点を基材4に接続している。これは、チタン基材4の両側面に形成されるPZT薄膜5のそれぞれに、均一に電界を印加するためであり、PZT薄膜5の膜厚が均一であれば、直流電源B1、B2の中間接続点を基材4に接続する必要はない。なお、直流電源B1、B2は同電圧を各電極膜6を介してPZT薄膜5に印加するようになっている。

【0019】そして、上記の平行平板構造体1の下端を図示しない台等に固定した状態で、図1(a)に示すように一対の圧電素子2の同一方向側に位置する側面に対し電極膜6を介して同極性の電圧を印加すると、プラス電位側が印加された方のPZT薄膜5は圧縮され、マイナス電位に印加された側のPZT薄膜5は引き伸ばされる(図1(a)においては、左方へ変位する)。又、図1(a)とは逆極性の電圧を各側面の電極膜6を介して印加した場合には、前記とは反対側に位置するプラス電位側に印加された側面(図1(a)において、各圧電素子2の右側面)のPZT薄膜5は圧縮され、マイナス電位に印加された側面(図1(a)において、各圧電素子2の左側面)のPZT薄膜5は引き伸ばされる(図1(a)においては、右方へ変位する)。

【0020】図1(b)は、PZT薄膜5の分極が方向Bの場合であり、直流電源B3のマイナス端子を基材4に接続し、プラス端子を各圧電素子2の左右の側面の電極6に接続している。図1(h)に示すように一対の圧電素子2の両側面に位置する電極6を介してプラス電位を印加すると右側のPZT薄膜5は引き伸ばされ、左側のPZT薄膜5は圧縮される(図1(b)においては、右側へ変形する)。又、図1(h)とは、逆極性の電圧を印加した場合には、前記と反対方向の右側に変形する。この場合は、図1(a)の1/2の電圧で、同じ量の変位が得られる。

【0021】又、上記の説明ではアクチュエータとして説明したが、変位センサとして使用することも可能である。この場合は、上記の平行平板構造体1の下端を図示しない台等に固定した状態で、図1において、上端を左方又は右方へ変位すると、圧電素子2の圧縮された側面のPZT薄膜5と、引き伸ばされた側面のPZT薄膜5とは、それぞれ逆電位の電圧が生ずる。この電圧の変化を検出すると、変位センサとして使用することができる。なお、この変位センサは、この実施形態では単一の圧電素子2から生ずる電圧と比較して、一対の圧電素子2から電圧が生ずるため、2倍の電圧を得ることができ

【0022】次に、上記平行平板構造体1の製造方法を図2乃至図9を参照して説明する。図2は、基材4Aを示している。チタンからなる基材4Aは、厚みが均等に形成された平板状をなしており、前記基材4の複数個分の面積を有している。まず、この基材4Aを酸等で、クリーニングし、予め、一端側(図1において、基端となる側)を合成樹脂、又は、スパッタリングや真空蒸着等の物理的成膜法にてチタン以外の金属等にて、被覆してマスクMを形成し、次に水熱法で、PZT薄膜5を両面に形成する。

【0023】この水熱法は2つの段階からなっている。

(第1段階) 基材4A、原材料としてのオキシ塩化ジルコニウム($ZrO_2 \cdot 8H_2O$)と硝酸塩($Pb(NO_3)_2$)の水溶液、及びKOH(8N)溶液をテフロン瓶(図示しない)に投入し、攪拌する。なお、PZT薄膜5の圧電性は、PZT薄膜5におけるチタン酸鉛、ジルコン酸鉛の構成組成比によって決まるため、後にできあがるPZT薄膜5の圧電性に応じてオキシ塩化ジルコニウムと硝酸塩とのモル比を決めればよい。

【0024】次に、図示しない圧力容器内において、基材4Aを上方に配置し、オキシ塩化ジルコニウム($ZrO_2 \cdot 8H_2O$)、硝酸塩($Pb(NO_3)_2$)の水溶液、及びKOH(8N)溶液を攪拌しながら、加熱・加圧する。なお、ここでいう加圧とは、加熱された溶液の蒸気圧による加圧のことである。温度条件は150℃で、48時間この状態を継続する。なお、攪拌は、300rpmで行う。

【0025】この結果、過飽和状態で、基材4Aの平板状の両側面にPZTの種子結晶(核)が形成される。上記時間の経過後、基材4Aを圧力容器から取り出し、水洗・乾燥する。

【0026】(第2段階) 次に、種子結晶が核付けされた基材4A、原材料としてのオキシ塩化ジルコニウム($ZrO_2 \cdot 8H_2O$)と硝酸塩($Pb(NO_3)_2$)の水溶液、四塩化チタン($TiCl_4$)及びKOH(4N)溶液をテフロン瓶(図示しない)に投入し、攪拌する。なお、PZT薄膜5の圧電性は、PZTにおけるチタン酸鉛、ジルコン酸鉛の構成組成比によって決まるため、後にできあがるPZTの圧電性に応じてオキシ塩化ジルコニウムと硝酸塩とのモル比を決めればよい。

【0027】次に、図示しない圧力容器内において、基材4Aを上方に配置し、オキシ塩化ジルコニウム($ZrO_2 \cdot 8H_2O$)、硝酸塩($Pb(NO_3)_2$)の水溶液、四塩化チタン($TiCl_4$)及びKOH(4N)溶液を攪拌しながら、加熱・加圧する。なお、ここでいう加圧とは、加熱された溶液の蒸気圧による加圧のことである。温度条件は120℃で、48時間この状態を継続する。なお、攪拌は、300rpmで行う。

【0028】この結果、過飽和状態で、基材4Aの平板状の両側面にPZT薄膜5が所定厚み(この実施形態では数十μm)で形成される(図3参照)。上記時間の経過後、基材4Aを圧力容器から取り出し、水洗・乾燥する。この後、マスクMを除去する。

【0029】次に、図4に示すように、PZT薄膜5を含む、基材4Aの両側面に電極6をスパッタリングや真空蒸着等の物理的成膜法により形成する。そして、基材4Aに対して複数個分(この実施形態では3個分)の圧電素子2が取れるようにその表面両面をパターンニングし、不必要な電極6の部分を除く(図5及び図6参照)。

【0030】続いて、図7に示すようにPZT薄膜5、電極6を備えた一対の基材4Aを互いに相対させ、その両端間において、合成樹脂からなる角柱状の絶縁スペーサ9を介して互いに固着し、平行平板構造体1Aとする。この平行平板構造体1Aは、単一の平行平板構造体が互いに連結された構成となっている。なお、絶縁スペーサ9は、硬化時に剛性の高い接着剤にて基材4Aを固着する(図8参照)。

【0031】次に、図8の平行平板構造体1Aを点線箇所にて切断し、単一の平行平板構造体1に分離する。なお、この切断は、放電加工、或いはレーザカットにて行う。さて、本実施形態によると、次のような作用効果を奏する。

【0032】(1) 本実施形態では、基材4の両側面に形成されたPZT薄膜5は、数十μmとして薄く形成しているため、PZT薄膜バイモルフ構造体としての圧

圧電素子2を、小型化することができる。

【0033】(2) 本実施形態では、一対のバイモルフ構造体からなる圧電素子2を互いに相対させ、平行平板構造としているため、振じれに対して強くすることができる。

【0034】図10(a)は、単一のバイモルフ構造体10が振動する場合を示し、図10(b)は、同じく単一のバイモルフ構造体10が振動しているときであって、上方から見た場合における、バイモルフ構造体10の上端の変位位置を示している。図10(b)の中央位置P1は変位前の位置、P2は、中央位置P1から一方に変位した場合の位置、P3は中央位置P1から、P2とは反対側の他方の位置に変位した場合の位置を示している。この場合、単一のバイモルフ構造体10は平板状に形成されているため、振動方向以外の力が加わると、図10(b)のP2、P3に示すように傾じられてしまう問題がある。なお、図10(b)において、二点鎖線は、振じれが加わらなかった場合のバイモルフ構造体10の変位位置である。

【0035】図11(a)は、本実施形態の平行平板構造体1が振動する場合を示し、図11(b)は、同じく平行平板構造体1が振動しているときであって、上方から見た場合における平行平板構造体1の上端の変位位置を示している。

【0036】図11(b)の中央位置P1は変位前の位置、P2は、中央位置P1から一方に変位した場合の位置、P3は中央位置P1から、P2とは反対側の他方の位置に変位した場合の位置を示している。この場合、平行平板構造体1は、振動方向以外の力が加わっても、剛性があるため、振じれに強く、図11(b)のP2、P3に示すように傾じられてしまうことはない。

【0037】、なお、図10及び図11はともに、説明の便宜上、電極膜、PZT薄膜は省略して図示している。

(3) 本実施形態では、水熱法により、複数個分の基材4の面積を有する基材4Aの両側面にPZT薄膜5を形成し、その後、基材4Aの両側面に対して、電極膜6を形成した。この結果、一度に複数個の基材4に対してPZT薄膜5及び電極膜6を形成できるため、従来と異なり、一度に多くのバイモルフ構造体を形成することができる。

【0038】(4) 本実施形態では、水熱法により、基材4Aの両側面にPZT薄膜5を形成し、その後、前記PZT薄膜5を形成した基材4Aの両側面に対して、それぞれ複数の電極膜6を形成し、互いに隣接した電極8間を切断すると、複数のPZT薄膜バイモルフ構造体を得ることができる。

【0039】本発明の実施形態は、上記実施形態以外に次のように変更することも可能である。

(1) 前記実施形態では、絶縁スペーサ3としたが、

圧電素子2間において、短絡の虞がないように形成した場合には、金属製スペーサのように非絶縁性のスペーサにて構成してもよい。この場合、圧電素子2に対する両者は溶接等により行う。

【0040】(2) 前記実施形態では、電極膜6をアルミニウムで形成したが、Au(金)にて形成してもよく、又、他の金属にて形成してもよい。

(3) 前記実施形態では、電極膜8、PZT薄膜5、基材4の厚みをそれぞれ所定数値としたが、上記数値に限定されるものではなく、必要に応じて、上記以外の数値としてもよい。

【0041】(4) 前記実施形態では、3個のバイモルフ構造体の製造について説明したが、この個数には限定されるものではなく、2個、或いは4個以上のものを一度に形成するようにしてもよい。なお、勿論1個のバイモルフ構造体を製造することも可能である。

【0042】ここで、特許請求の範囲に記載された技術的思想のほかに、前述した実施形態によって把握される技術的思想をその効果とともに以下に挙げる。

(1) 請求項3乃至請求項6のいずれかにおいて、PZT薄膜を形成する工程の前に、予めチタン基材の所定部分には、マスクを施したPZT薄膜バイモルフ構造体の製造方法。こうすることにより、マスクされた部分には、PZT薄膜を形成できないようにすることができる。

【0043】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1の発明によれば、容易に多数のバイモルフ構造を得ることができ、又、PZT薄膜となるため、小型のバイモルフ構造体にすることができる。

【0044】請求項2の発明によれば、振じれに強いPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体とすることができる。請求項3乃至請求項6の発明によれば、一度に多数のバイモルフ構造体を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)はPZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体の断面図。

【図2】基材の断面図。

【図3】PZT薄膜にて被覆した状態の基材の断面図。

【図4】電極膜を形成した基材の断面図。

【図5】電極膜をパターンニングして形成された圧電素子の断面図。

【図6】同じく圧電素子の斜視図。

【図7】平行平板構造体の組付け方法を示す分解斜視図。

【図8】平行平板構造体を組付けた状態の斜視図。

【図9】PZT薄膜バイモルフ形の平行平板構造体の斜視図。

【図10】(a)は単一のPZT薄膜バイモルフ構造体の作用を示す斜視図、(b)は同じく説明図。

9

10

【図1】(a)は平行平板電極体の作用を示す斜視図、(b)は同じく説明図。
【符号の説明】

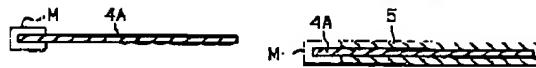
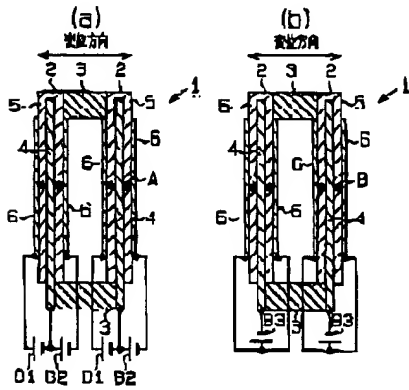
* 1…平行平板電極体、2…圧電素子、3…絶縁スペーサ、4、4A…基材、5…PZT薄膜、6…電極膜。

*

【図1】

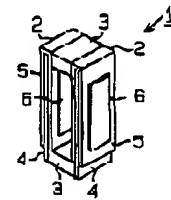
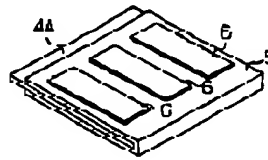
【図2】

【図3】



【図6】

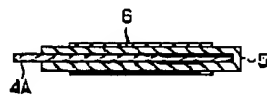
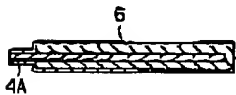
【図9】



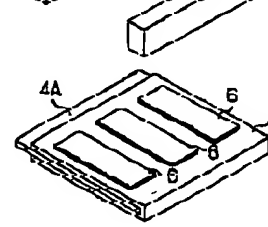
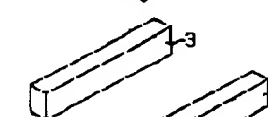
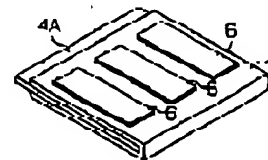
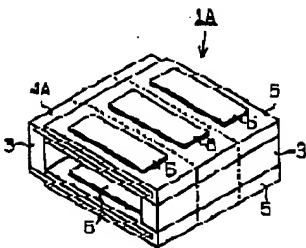
【図7】

【図4】

【図5】

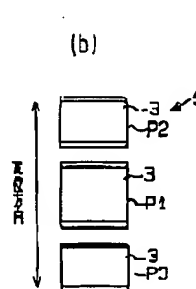
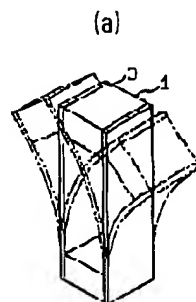
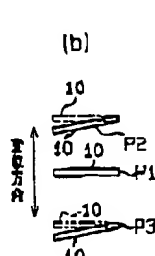
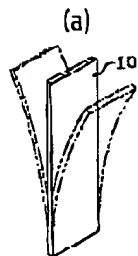


【図8】



【図10】

【図11】



【手続補正書】

【提出日】平成9年7月17日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】次に、図示しない圧力容器内において、基材4Aを上方に配置し、オキシ塩化ジルコニウム ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$)、硝酸塩 ($Pb(NO_3)_2$) の水溶液、及び KOH (4N) 溶液を攪拌しながら、加熱・加圧する。なお、ここでいう加圧とは、加熱された溶液の蒸気圧による加圧のことである。温度条件は150℃で、48時間この状態を継続する。なお、攪拌は、300rpmで行う。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】(第2段階)次に、種子結晶が核付けされた基材4A、原材料としてのオキシ塩化ジルコニウム *

($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) と硝酸塩 ($Pb(NO_3)_2$) の水溶液、四塩化チタン ($TiCl_4$)、及び KOH (4N) 溶液をテフロン瓶(図示しない)に投入し、攪拌する。なお、PZT薄膜5の圧電性は、PZTにおけるチタン酸塩、ジルコニウム酸塩の構成組成比によって決まるため、後にできあがるPZTの圧電性に応じてオキシ塩化ジルコニウムと硝酸塩とのモル比を決めればよい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】次に、図示しない圧力容器内において、基材4Aを上方に配置し、オキシ塩化ジルコニウム ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$)、硝酸塩 ($Pb(NO_3)_2$) の水溶液、四塩化チタン ($TiCl_4$)、及び KOH (4N) 溶液を攪拌しながら、加熱・加圧する。なお、ここでいう加圧とは、加熱された溶液の蒸気圧による加圧のことである。温度条件は120℃で、48時間この状態を継続する。なお、攪拌は、300rpmで行う。

フロントページの続き

(72)発明者 新井 史人

名古屋市中区青柳町6丁目5番地の1

メイック種青柳501

(72)発明者 糸魚川 貢一

愛知県丹羽郡大口町大字豊田字野田1番地

株式会社東海理化電機製作所内

(72)発明者 岩田 仁

愛知県丹羽郡大口町大字豊田字野田1番地

株式会社東海理化電機製作所内

Confirmation Report - Memory Send

Date & Time: Sep-15-2004 08:10am
Tel line : 315 233 8320
Machine ID : BURR AND BROWN

Job number : 775
Date & Time : Sep-15 08:07am
To : 901181333201393
Number of pages : 001
Start time : Sep-15 08:08am
End time : Sep-15 08:09am
Pages sent : 001
Status : OK

Job number : 775 *** SEND SUCCESSFUL ***

2004年 9月15日 15時16分

TOHO INT'L PATENT & LAW OFFICE

NO. 1310 P. 1

**FACSIMILE
TRANSMISSION**

DATE: September 15, 2004

PAGE(S): 25
(including this page)

To: Stephen P. Burr, Esq.
BURR & BROWN
101 South Salina Street
7th Floor
Syracuse, New York 13202
U. S. A.

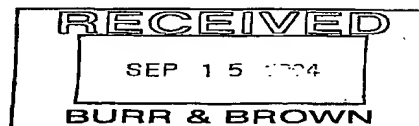
From: Yoshihiro CHIBA
TOHO INTERNATIONAL PATENT & LAW OFFICE
Shinjuku Maynde Tower 16F
1-1, Yoyogi 2-chome, Shibuya-ku,
Tokyo 151-0053, JAPAN
Facsimile Number: 81-3-3320-1393 (GIII, GIV)
Telephone Number: 81-3-3320-1353
E-mail: chiba@chibapat.co.jp

Your ref.: 789 064 Our ref.: 00P356CA-US00/sp/rt

☒ Please acknowledge receipt of this message.

☐ Special message:

Re: Information Disclosure Statement



IMPORTANT/CONFIDENTIAL: This communication is intended only for the use of the individual or entity to whom it is addressed and may contain information which is privileged, confidential or exempt from disclosure under applicable law. If the reader of this message is not the intended recipient, it is hereby stipulated that any copying, duplication or distribution of this document is strictly prohibited. If you have received this communication in error, please telephone or fax us immediately at the numbers shown above. Thank you !!!

JAPANESE

[JP,11-001387,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF
THE INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS OPERATION DESCRIPTION OF
DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st side face of a titanium base material and the 1st side face are the PZT thin film bimorph structure by which the PZT thin film was formed in the 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees, and the electrode was prepared on said PZT thin film, respectively.

[Claim 2] The 1st side face and this 1st side face of a titanium base material are the parallel flat sheet structure object of the PZT thin film bimorph form characterized by connecting mutually in parallel the PZT thin film bimorph structure of the pair by which the PZT thin film was formed in the 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees, and the electrode was prepared on said PZT thin film, respectively through a spacer.

[Claim 3] It is the manufacture approach of the PZT thin film bimorph structure including the process which forms a PZT thin film in the 2nd side face in which the 1st side face of a titanium base material and the 1st side face are located in the opposite side 180 degrees by the hydrothermal method, and the process which forms an electrode to said PZT thin film top, respectively.

[Claim 4] It is the manufacture approach of the PZT thin film bimorph structure characterized by to include the process at which the 1st side face of a titanium base material and the 1st side face form a PZT thin film in the 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees, by the hydrothermal method, the process which forms two or more electrodes to said PZT thin film top, respectively, and the process which disconnects inter-electrode [which adjoined mutually] and obtains two or more PZT thin film bimorph structures.

[Claim 5] Said hydrothermal method stirs a lead nitrate solution and zirconium oxychloride with a mineralizer, and pressurizes and heats them. As opposed to the process which obtains a seed crystal on the 1st of a titanium base material, and the 2nd side face, and the base material which obtained said seed crystal Stir the solution of a lead nitrate solution, zirconium oxychloride, and a titanium tetrachloride with a mineralizer, and it is heated and pressurized. The 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees boils the 1st side face of a titanium base material, and the 1st side face, respectively, receive, and crystal growth of PZT is performed. The manufacture approach of the PZT thin film bimorph structure according to claim 3 or 4 characterized by including the process which forms a PZT thin film on the 1st of a titanium base material, and the 2nd side face.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the PZT thin film bimorph structure, the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] The bimorph (Bimorph) structure which prepared from the former the PZT (zircon lead titanate: ceramics which consists of the solid solution of lead titanate and lead zirconate) component of bulk in front flesh-side both sides of a tabular base material as a piezoelectric device, respectively, and prepared the electrode in the front face of said PZT component is known. If an electrical potential difference is impressed to both the PZT(s) component, one PZT component will be extended, the PZT component of another side will be compressed, and the whole structure will deform this bimorph structure, and it will be used as an actuator. Moreover, when a PZT component is extended conversely [while] and the PZT component of another side is compressed, it is used as a sensor which generates a twice as many electrical potential difference as this rather than the case of one PZT component (piezoelectric device).

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the above bimorph structures were using the PZT component of bulk, the formation of a thin form of the bulk itself was difficult for them, and they had the problem that the miniaturization of the whole bimorph structure was difficult. Furthermore, since it was necessary to stick bulk on the front rear face of a base material, respectively when it is going to acquire bimorph structure using PZT of bulk, there was a problem more than which an attachment process increases.

[0004] Moreover, when the bimorph structure was constituted, since the conventional bimorph structure was formed in tabular with it being the bimorph structure of one sheet, it was easy to displace in the condition of having been twisted when force other than the displacement direction was added at the time of displacement, and there was also a problem which cannot do an exact variation rate. Furthermore, since the conventional bimorph structure needed to stick the PZT component of bulk on front flesh-side both sides of a base material and needed to manufacture it, there was also a problem which cannot obtain many bimorph structures at a time.

[0005] This invention is made in order to cancel the above-mentioned technical problem, and the 1st purpose is to offer the PZT thin film bimorph structure which can acquire much bimorph structures easily and can be made into the small bimorph structure.

[0006] The 2nd purpose is to offer the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form strong against a twist. The 3rd purpose is to offer the manufacture approach that much bimorph structures can be obtained at once.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, a PZT thin film is formed in the 2nd side face in which the 1st side face of a titanium base material and the 1st side face are located in the opposite side 180 degrees, and, as for invention according to claim 1, the electrode makes the summary the PZT thin film bimorph structure prepared, respectively on said PZT thin film.

[0008] A PZT thin film is formed in the 2nd side face in which the 1st side face and this 1st side face of a titanium base material are located in the opposite side 180 degrees, and invention of claim 2 makes the summary the parallel flat sheet structure object of the PZT thin film bimorph form characterized by connecting mutually in parallel the PZT thin film bimorph structure of the pair by which the electrode was prepared on said PZT thin film, respectively through a spacer.

[0009] Invention of claim 3 makes the summary the manufacture approach of the PZT thin film bimorph structure that the 1st side face of a titanium base material and the 1st side face include the process which forms a PZT thin film in the 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees, and the process which forms an electrode to said PZT thin film top, respectively, by the hydrothermal method.

[0010] The process at which invention of claim 4 forms a PZT thin film in the 2nd side face in which the 1st side face of a titanium base material and the 1st side face are located in the opposite side 180 degrees, by the hydrothermal method, The manufacture approach of the PZT thin film bimorph structure characterized by including the process which forms two or more electrodes, respectively, and the process which disconnects inter-electrode [which adjoined mutually] and obtains two or more PZT thin film bimorph structures to said PZT thin film top is made into the summary.

[0011] Invention of claim 5 is set to claim 3 or claim 4. Said hydrothermal method Stir a lead nitrate solution and zirconium oxychloride with a mineralizer, and they are pressurized and heated. As opposed to the process which obtains a seed crystal on the 1st of a titanium base material, and the 2nd side face, and the base material which obtained said seed crystal Stir the solution of a lead nitrate solution, zirconium oxychloride, and a titanium tetrachloride with a mineralizer, and it is heated and pressurized. the 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees boils the 1st side face of a titanium base material, and the 1st side face, respectively, they receive, perform crystal growth of PZT, and make it the summary to include the process which forms a PZT thin film on the 1st of a titanium base material, and the 2nd side face.

(Operation) Since the PZT thin film formed in the 1st and 2nd side faces of a titanium base material is thin according to invention according to claim 1, as for the PZT thin film bimorph structure, a miniaturization is carried out.

[0012] Since it considers as parallel flat sheet structure and rigidity is given, invention according to claim 2 becomes strong to a twist. According to invention of claim 3, it becomes the PZT thin film bimorph structure by forming a PZT thin film in the 1st and 2nd side faces of a titanium base material, and forming an electrode to said PZT thin film after that by the hydrothermal method, respectively. Here, a hydrothermal method means the approach of depositing and growing up a crystal from the water solution under heating / pressurization. Moreover, pressurization is the meaning which contains the pressure buildup of vapor pressure with heating in a pressurized container besides in the case of applying a pressure positively. In addition, although a hydrothermal method is generally also called hydrothermal crystallization method, it is called hydrothermal method on these specifications.

[0013] According to invention according to claim 4, by the hydrothermal method, a PZT thin film is formed in the 1st and 2nd side faces of a titanium base material, and two or more electrodes are formed to said PZT thin film after that, respectively. And cutting of inter-

electrode [which adjoined mutually] obtains two or more PZT thin film bimorph structures. [0014] According to invention according to claim 5, a lead nitrate solution and zirconium oxychloride are stirred with a mineralizer, are pressurized and heated, and a seed crystal is obtained on the 1st of a titanium base material, and the 2nd side face. then, if stir the solution of a lead nitrate solution, zirconium oxychloride, and a titanium tetrachloride with a mineralizer, and it is heated and pressurized, and the 1st and 2nd side faces of a titanium base material are alike, respectively, it receives to the base material which obtained said seed crystal and crystal growth of PZT is performed, a PZT thin film will be obtained on the 1st and 2nd side faces of a titanium base material.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained with reference to drawing 1 thru/or drawing 11 . Drawing 1 (a) and (b) show the sectional view of the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form. Moreover, drawing 9 shows the perspective view of the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form. In addition, for convenience, from the actual thing of explanation, the thickness of each part material currently illustrated by each drawing containing the above-mentioned drawing is expanded suitably, and is illustrated.

[0016] As shown in drawing 1 (a) and (b), the parallel flat sheet structure object 1 makes the plate-like piezoelectric device 2 which consists of the bimorph structure of a pair face mutually, and is considered as the configuration which fixed mutually respectively on both sides of the prismatic form insulating spacer 3 to the vertical both ends. In addition, it considered as the insulating spacer 3 because [of the short circuit prevention between piezoelectric devices 2].

[0017] The electrode layer 6 with a thickness of several micrometers to which the PZT thin film 5 of 10 micrometers of thickness numbers is formed, and consists of aluminum on the PZT thin film 5 of the front flesh-side both sides is formed to the both-sides side of the base material (titanium base material) 4 which consists of titanium with which the piezoelectric device 2 which consists of the bimorph structure makes plate-like [in which thickness was formed equally]. Thickness of a base material 4 is set to 20 micrometers. The both-sides side of said base material 4 is equivalent to the 1st side face in this invention, and the 2nd side face in which it is located in the opposite side 180 degrees with the 1st side face. Moreover, an electrode layer 6 is equivalent to the electrode of this invention.

[0018] The electrical circuit in the case of using as an actuator the parallel flat sheet structure object 1 of the PZT thin film bimorph form constituted as mentioned above for drawing 1 (a) and (b) is shown. Drawing 1 (a) is the case where polarization of the PZT thin film 5 is Direction A, it connected DC power supply B1 and B-2 to the serial, respectively, connected the plus terminal of DC power supply B1 to the electrode layer 6 of the side face on the left-hand side of each piezoelectric device 2 in drawing 1 , connected the minus terminal of DC-power-supply B-2 to the electrode layer 6 of a right-hand side side face, and has connected DC power supply B1 and the middle node of B-2 to a base material 4. This is for impressing electric field to homogeneity at each of the PZT thin film 5 formed in both-sides side of the titanium base material 4, and if the thickness of the PZT thin film 5 is uniform, it does not need to connect DC power supply B1 and the middle node of B-2 to a base material 4. In addition, DC power supply B1 and B-2 impress this electrical potential difference to the PZT thin film 5 through each electrode layer 6.

[0019] In and the condition of having fixed to the base which does not illustrate the lower limit of the above-mentioned parallel flat sheet structure object 1 If the electrical potential difference of like-pole nature is impressed through an electrode layer 6 to the side face in which it is located in the same direction side of the piezoelectric device 2 of a pair as shown in drawing 1 (a) The PZT thin film 5 of the direction impressed to the plus potential side is compressed, and the near PZT thin film 5 impressed to minus potential is extended (in

drawing 1 (a), it displaces to a left). moreover, when the electrical potential difference of reversed polarity is impressed through the electrode layer 6 of each side face with drawing 1 (a) The side face impressed to the plus potential side located in the opposite side with the above (in drawing 1 (a)) The PZT thin film 5 of the right lateral of each piezoelectric device 2 is compressed, and the PZT thin film 5 of a side face (it sets to drawing 1 and is the left lateral of each piezoelectric device 2) impressed to minus potential is extended (in drawing 1 (a), it displaces to the method of the right).

[0020] Drawing 1 (b) is the case where polarization of the PZT thin film 5 is Direction B, connected the minus terminal of DC power supply B3 to the base material 4, and has connected it to the electrode layer 6 of the side face of right and left of a plus terminal of each piezoelectric device 2. If plus potential is impressed through the electrode layer 6 located in the both-sides side of the piezoelectric device 2 of a pair as shown in drawing 1 (b), it is extended, and the left-hand side PZT thin film 5 is compressed (it deforms into left-hand side in drawing 1 (b)), and the right-hand side PZT thin film 5 will deform it into the right-hand side of the above and an opposite direction with drawing 1 (b), when the electrical potential difference of reversed polarity is impressed. In this case, it is one half of the electrical potential differences of drawing 1 (a), and the same quantity of a variation rate is obtained.

[0021] Moreover, although the above-mentioned explanation explained as an actuator, it is also possible to use it as a displacement sensor. In this case, it is in the condition fixed to the base which does not illustrate the lower limit of the above-mentioned parallel flat sheet structure object 1, and in drawing 1 , if upper limit is displaced to a left or the method of the right, the electrical potential difference of reverse potential will produce the PZT thin film 5 of the side face in which the piezoelectric device 2 was compressed, and the PZT thin film 5 of the extended side face, respectively. If change of this electrical potential difference is detected, it can be used as a displacement sensor. In addition, with this operation gestalt, since an electrical potential difference arises from the piezoelectric device 2 of a pair as compared with the electrical potential difference produced from the single piezoelectric device 2, this displacement sensor can obtain the electrical potential difference which it is.

[0022] Next, the manufacture approach of the above-mentioned parallel flat sheet structure object 1 is explained with reference to drawing 2 thru/or drawing 9 . Drawing 2 shows base material 4A. Base material 4A which consists of titanium is making plate-like [in which thickness was formed equally], and has the area for plurality of said base material 4. First, this base material 4A is cleaned from an acid etc., beforehand, an end side (side which serves as a end face in drawing 1) is covered with metals other than titanium etc. by the physical forming-membranes methods, such as synthetic resin or sputtering, and vacuum deposition, Mask M is formed, and then the PZT thin film 5 is formed in both sides by the hydrothermal method.

[0023] This hydrothermal method consists of two phases.

(The 1st step) Base material 4A, the zirconium oxychloride ($ZrOCl_2$ and $8H_2O$) as a raw material and the water solution of a nitrate ($Pb(NO_3)_2$), and a KOH (8Ns) solution are fed into a Teflon bottle (not shown), and are stirred. In addition, since piezoelectric [of the PZT thin film 5] is decided by the configuration presentation ratio of the lead titanate in the PZT thin film 5, and lead zirconate, it should just determine the mole ratio of zirconium oxychloride and a nitrate according to piezoelectric [of the PZT thin film 5 done behind].

[0024] Next, heating and pressurization of are done, arranging base material 4A up in the pressurized container which is not illustrated, and stirring zirconium oxychloride ($ZrOCl_2$ and $8H_2O$), the water solution of a nitrate ($Pb(NO_3)_2$), and a KOH (8Ns) solution. In addition, pressurization here is the vapor pressure **** pressurization of the heated solution. Temperature conditions are 150 degrees C and continue this condition for 48 hours. In addition, stirring is performed by 300rpm.

[0025] Consequently, the seed crystal (nucleus) of PZT is formed in the plate-like both-sides side of base material 4A in the state of supersaturation. Base material 4A is taken out from a pressurized container after the above-mentioned passage of time, and it rinses and dries.

[0026] (The 2nd step) Next, a seed crystal feeds into a Teflon bottle (not shown) base material 4A by which nucleus attachment was carried out, the zirconium oxychloride (ZrOCl_2 and $8\text{H}_2\text{O}$) as a raw material and the water solution of a nitrate ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), a titanium tetrachloride (TiCl_4), and a KOH (4Ns) solution, and stirs them. In addition, since piezoelectric [of the PZT thin film 5] is decided by the configuration presentation ratio of the lead titanate in PZT, and lead zirconate, it should just determine the mole ratio of zirconium oxychloride and a nitrate according to piezoelectric [of PZT done behind].

[0027] Next, heating and pressurization of are done, arranging base material 4A up in the pressurized container which is not illustrated, and stirring zirconium oxychloride (ZrOCl_2 and $8\text{H}_2\text{O}$), the water solution of a nitrate ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), a titanium tetrachloride (TiCl_4), and a KOH (4Ns) solution. In addition, pressurization here is the vapor pressure ***** pressurization of the heated solution. Temperature conditions are 120 degrees C and continue this condition for 48 hours. In addition, stirring is performed by 300rpm.

[0028] Consequently, the PZT thin film 5 is formed in the plate-like both-sides side of base material 4A by predetermined thickness (this operation gestalt dozens of micrometers) in the state of supersaturation (refer to drawing 3). Base material 4A is taken out from a pressurized container after the above-mentioned passage of time, and it rinses and dries. Then, Mask M is removed.

[0029] Next, as shown in drawing 4 , an electrode layer 6 is formed in the both-sides side of base material 4A containing the PZT thin film 5 by the physical forming-membranes methods, such as sputtering and vacuum deposition. And patterning of those front flesh-side both sides is carried out so that two or more piezoelectric devices 2 of a part (this operation gestalt three pieces) can be taken to base material 4A, and the part of the unnecessary electrode layer 6 is removed (refer to drawing 5 and drawing 6).

[0030] Then, base material 4A of the pair equipped with the PZT thin film 5 and the electrode layer 6 is made to face mutually, as shown in drawing 7 , and it fixes mutually through the prismatic form insulating spacer 3 which consists of synthetic resin among the both ends, and is referred to as parallel flat sheet structure object 1A. This parallel flat sheet structure object 1A has the composition that the single parallel flat sheet structure object of each other was connected. In addition, the insulating spacer 3 fixes base material 4A with rigid high adhesives at the time of hardening (refer to drawing 8).

[0031] Next, parallel flat sheet structure object 1A of drawing 8 is cut in a dotted-line part, and it separates into the single parallel flat sheet structure object 1. In addition, this cutting is performed by the electron discharge method or laser cut. Now, according to this operation gestalt, the following operation effectiveness is done so.

[0032] (1) With this operation gestalt, since the PZT thin film 5 formed in the both-sides side of a base material 4 is thinly formed as dozens of micrometers, it can miniaturize the piezoelectric device 2 as the PZT thin film bimorph structure.

[0033] (2) With this operation gestalt, since the piezoelectric device 2 which consists of the bimorph structure of a pair is made to face mutually and is made into parallel flat sheet structure, it can strengthen to a twist.

[0034] Drawing 10 (a) shows the case where the single bimorph structure 10 vibrates, and drawing 10 (b) is a time of the same single bimorph structure 10 vibrating, and it shows the displacement location of the upper limit of the bimorph structure 10 at the time of seeing from the upper part. The location when the location at the time of displacing the mid gear P1 of drawing 10 (b) in the location before displacement, and displacing P2 from a mid gear P1 to one side and P3 displace P2 in the location of another side of the opposite side from a mid gear P1 is shown. In this case, the single bimorph structure 10 has the problem twisted as

shown in P2 and P3 of drawing 10 (b), when force other than the oscillating direction is added, since it is formed in plate-like. In addition, in drawing 10 (b), a two-dot chain line is the displacement location of the bimorph structure 10 when a twist is not added.

[0035] Drawing 11 (a) shows the case where the parallel flat sheet structure object 1 of this operation gestalt vibrates, and drawing 11 (b) is a time of similarly the parallel flat sheet structure object 1 vibrating, and it shows the displacement location of the upper limit of the parallel flat sheet structure object 1 at the time of seeing from the upper part.

[0036] The location when the location at the time of displacing the mid gear P1 of drawing 11 (b) in the location before displacement, and displacing P2 from a mid gear P1 to one side and P3 displace P2 in the location of another side of the opposite side from a mid gear P1 is shown. In this case, since the parallel flat sheet structure object 1 has rigidity even if force other than the oscillating direction is added, it is not twisted, as it is strong to a twist and is shown in P2 and P3 of drawing 11 (b).

[0037] In addition, both drawing 10 and drawing 11 are omitting and illustrating the expedient top of explanation, the electrode layer, and the PZT thin film.

(3) With this operation gestalt, by the hydrothermal method, the PZT thin film 5 was formed in the both-sides side of base material 4A which has two or more area of the base material 4 of a part, and the electrode layer 6 was formed to the both-sides side of base material 4A after that. Consequently, since the PZT thin film 5 and an electrode layer 6 can be formed to two or more base materials 4 at once, unlike the former, many bimorph structures can be formed at once.

[0038] (4) With this operation gestalt, by the hydrothermal method, the PZT thin film 5 is formed in the both-sides side of base material 4A, two or more electrode layers 6 are formed after that to the both-sides side of base material 4A in which said PZT thin film 5 was formed, respectively, and if between the electrodes 6 which adjoined mutually is cut, two or more PZT thin film bimorph structures can be obtained.

[0039] The operation gestalt of this invention can also be changed as follows in addition to the above-mentioned operation gestalt.

(1) Although considered as the insulating spacer 3, when it forms so that there may be no fear of a short circuit between piezoelectric devices 2, the spacer of non-insulation may constitute from said operation gestalt like a metal spacer. In this case, welding etc. performs fixing over a piezoelectric device 2.

[0040] (2) In said operation gestalt, although the electrode layer 6 was formed with aluminum, you may form in Au(gold) and may form with other metals.

(3) Although thickness of an electrode layer 6, the PZT thin film 5, and a base material 4 was made into the predetermined number value with said operation gestalt, respectively, it is not limited to the above-mentioned numeric value, and is good also as numeric values other than the above if needed.

[0041] (4) Although manufacture of the three bimorph structures was explained, it is not limited to this number and you may make it form two pieces or four things or more at once with said operation gestalt. In addition, it is also possible to manufacture the one bimorph structure, of course.

[0042] Here, the technical thought grasped according to the operation gestalt mentioned above is listed to below with the effectiveness besides the technical thought indicated by the claim.

(1) The manufacture approach of the PZT thin film bimorph structure which gave the mask beforehand to the predetermined part of a titanium base material in either claim 3 thru/or claim 5 in front of the process which forms a PZT thin film. It can avoid forming a PZT thin film in the part by which the mask was carried out by carrying out like this.

[0043]

[Effect of the Invention] Since according to invention of claim 1 much bimorph structures

can be acquired easily and it becomes a PZT thin film as explained in full detail above, it can be made the small bimorph structure.

[0044] According to invention of claim 2, it can consider as the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form strong against a twist. According to invention of claim 3 thru/or claim 5, much bimorph structures can be obtained at once.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] (a) and (b) are the sectional view of the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form.

[Drawing 2] The sectional view of a base material.

[Drawing 3] The sectional view of the base material in the condition of having covered with the PZT thin film.

[Drawing 4] The sectional view of the base material in which the electrode layer was formed.

[Drawing 5] The sectional view of the piezoelectric device formed by carrying out pattern NINGU of the electrode layer.

[Drawing 6] Similarly it is the perspective view of a piezoelectric device.

[Drawing 7] The decomposition perspective view showing how an parallel flat sheet structure object should grapple a .

[Drawing 8] The perspective view in the condition of having attached the parallel flat sheet structure object.

[Drawing 9] The perspective view of the parallel flat sheet structure object of a PZT thin film bimorph form.

[Drawing 10] For (a), similarly, the perspective view showing an operation of the single PZT thin film bimorph structure and (b) are an explanatory view.

[Drawing 11] For (a), similarly, the perspective view showing an operation of an parallel flat sheet structure object and (b) are an explanatory view.

[Description of Notations]

1 [-- A base material, 5 / -- A PZT thin film, 6 / -- Electrode layer.] -- An parallel flat sheet structure object, 2 -- A piezoelectric device, 3 -- 4 An insulating spacer, 4A

[Translation done.]

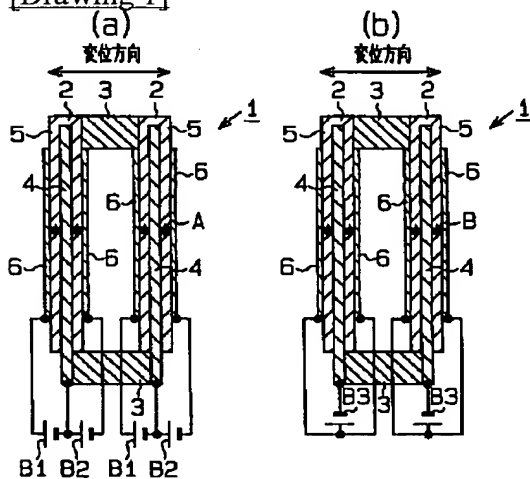
*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

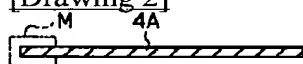
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

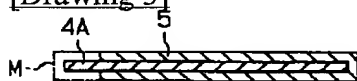
[Drawing 1]



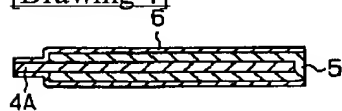
[Drawing 2]



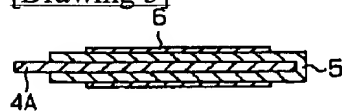
[Drawing 3]



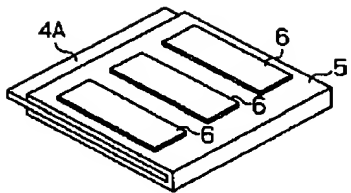
[Drawing 4]



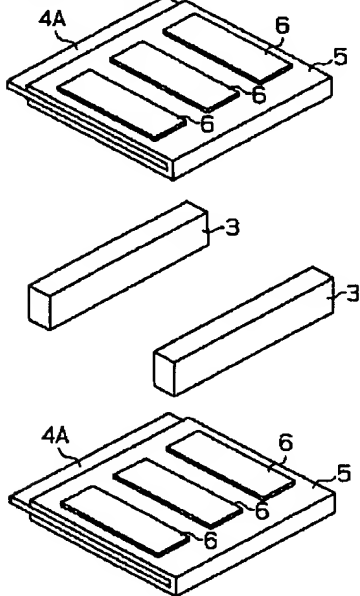
[Drawing 5]



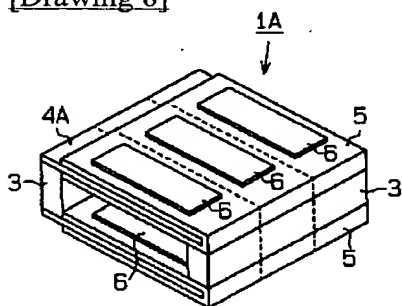
[Drawing 6]



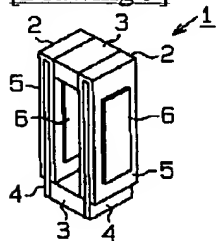
[Drawing 7]



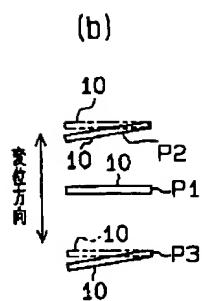
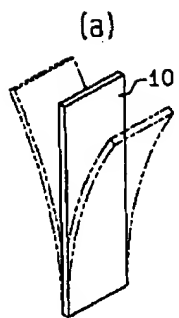
[Drawing 8]



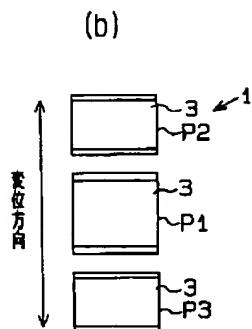
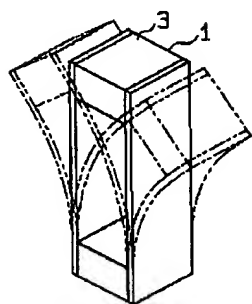
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]
(a)



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.